



TITLE:

Analysis of the influence of device-scale
wind field on the sampling efficiency of
pollen as a representative bioaerosol(
Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Miki, Kenji

CITATION:

Miki, Kenji. Analysis of the influence of device-scale wind field on the sampling efficiency of pollen as a representative bioaerosol. 京都大学, 2020, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22476>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により本文は2021-04-01に公開

(続紙 1)

京都大学	博士 (農 学)	氏名	三木 健司			
論文題目	Analysis of the influence of device-scale wind field on the sampling efficiency of pollen as a representative bioaerosol (デバイススケールの風力場が生物粒子を代表した花粉のサンプリング効率に与える影響の解析)					
(論文内容の要旨)						
<p>大気中に浮遊し、生物に由来する有機物粒子は生物粒子（バイオエアロゾル）と総称されるが、その中で花粉は呼吸器疾患を引き起こすために最も注目され、その大気中濃度が計測されている地点が多い。花粉を捕集するシステムには複数の異なる形式があるために、採用される形式が異なると統一的な比較ができない現状にある。既往研究では形式に観測結果の違い自体を比較したものがあるものの、その違いについて定量的に評価されていない。この問題を解決することを目的として、本論文では、花粉の大気中濃度の計測におけるサンプリング効率がどのように決定されるのかを観測結果に基づいて、デバイススケール（花粉捕集器のスケール）での風力場と花粉粒子の動きを力学的な観点から解析している。本論文は以下の5章から構成されている。</p> <p>第1章では、花粉の大気中濃度を計測することの重要性を示すとともに、花粉の大気中濃度を測定する二つの主要な方法である、重力に従って沈着する花粉を採取する「重力法（gravitational method）」と、大気を一定速度で吸引することで大気中の花粉を採取する「体積法（volumetric method）」の基本的な設計とそれらの適用例を示した。</p> <p>第2章では、向きの異なる二つの吸入口を有する体積法に基づく形式の比較を議論している。本章ではまず、花粉の大気中濃度が計測される建物の屋上が「平坦で障害物がないこと」という理想的条件を満たすことが稀であることを踏まえて、建物屋上の障害物が上下方向の風フラックスを引き起こすことを実験的に示した。次に、風上方向から大気を吸引する形式と鉛直上方向から吸引する形式の2種類について体積法を適用し、吸入口の向きが体積法の花粉尘集数に及ぼす影響を観測した。上下方向の風フラックスがサンプリング効率に及ぼす影響要因を花粉粒子の収支式から説明し、局所的な鉛直方向の風によって、同じ大気の吸引量であっても吸引口の向きがサンプリング効率に影響することを示した。</p>						

第3章では、風の影響を打ち消すために吸入口の外側にフードを取り付けた二層型の吸入口と風上方向から大気を吸引する吸入口の2種類について、体積法を適用したときの花粉の大気中濃度を比較した。この実験から、2種類の吸入口による花粉の大気中濃度の違いは、外側のフードの開口部の面積と大気の吸引速度と吸入口の断面積に依存することを理論的に求めた。また、日平均花粉粒径が小さいほど二層型吸入口は多くの花粉を捕集できることを示した。さらに、花粉粒子の粒径の違いにより生じる花粉粒子にかかる慣性力の差が花粉のサンプリング効率に影響を及ぼすことを示した。

第4章では、重力法と風上方向から大気を吸引する吸入口を有する体積法の比較を行った。この実験により、重力法により花粉を採取する際に、大気が乱流状態であると、花粉の沈着量は、鉛直方向の花粉粒子の乱流拡散に影響されて風速に線型的に依存するために、体積法よりも過大に評価されることを示した。

第5章では、以上の実験および解析から得られた知見を要約している。測定地点の風速、風向の情報を得ることができれば、本研究内容に基づいて、異なるサンプリング形式による花粉の大気中濃度の測定値の比較が可能となることに言及している。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせ

て、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

花粉によるアレルギー問題は世界中で問題になっており、アレルギー患者の重篤率は過去に比べて上昇している。その対策の一環として、花粉の大気中濃度を経時的に測定し、そのデータを患者や医療関係者に提供することが医学的にも極めて重要である。しかし、世界で統一した花粉の大気中濃度の観測法は確立しておらず、異なる方法で観測が行われているために、相互比較が不可能な現状にあり、花粉の正確な動態把握の妨げとなっている。そのために、異なる方法間での観測結果の違いを補正できる理論的な説明が課題であった。本論文は、異なるサンプリング方法により取得された花粉の大気中濃度の違いに対して、花粉捕集器周辺の局所的な風力場と大気中の花粉の動きを考慮した力学的解析を行うことによって、花粉のサンプリング効率に重要な影響を及ぼす要因を特定した研究である。本研究は、花粉に限らず、孢子や微生物などの他の生物粒子や土粒子、粉塵などの無機粒子にも適用可能な一般性を有しており、これらの飛散動態を把握し、その対策を立案することに寄与できる内容である。本論文について評価できる点は以下のとおりである。

1. 一定速度で大気を吸引して、それに含まれる花粉を計数する方法（体積法）において、吸入口の向きの違いを検討した結果、鉛直上方向から吸引すると、測定地点の局所的な鉛直方向の風速に比例して過大に評価されることを明らかにした。

2. 体積法による花粉のサンプリングにおいて、風の影響を消去するために吸入口の外側にフードを設けると、風によって生じる花粉粒子にかかる慣性力が粒径によって異なるために、粒径によってサンプリング効率が異なることを明らかにした。また、粒径ごとのサンプリング効率を計算することにより、フードの影響を補正することを可能にした。

3. 重力に従って沈着する花粉を計数する方法（重力法）と体積法を比較した結果、大気の乱流によって重力法が過大に評価されることを明らかにし、その影響が風速に線形的であることを示した。

以上のように、本論文は、花粉の大気中濃度の測定において、異なるサンプリング方法が測定値の違いを引き起こす要因を、局所的な風力場に着目した力学的解析により解明したものであり、異なる方法で得られた観測結果の相互比較、花

粉の大気中濃度の統一化、大気中の花粉動態把握の精緻化を可能にするものである。これらの成果は、地域環境科学、大気生物学、大気環境学の発展に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和2年1月10日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

また、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

注）論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）